

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata

HUELLA HÍDRICA DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Coordinador

Prof. Ing. Agr. Raúl Rosa

Consultores Expertos

Dra. Margarita Alconada; Ing. Ricardo Andreau; Ing. Nestor Darwich; Ing. Héctor París; Ing. Miriam Presutti; Ing. Alejandro González; Ing. Adriana Lombardo; CPN Pedro Lusarreta; Ing. Esteban Manis; Ing. José Micheloud; Ing. Jaime Moyano; Ing. Sebastian Galbusera; Ing. Gabriel Tinghitella

Pasantes

Paula Girón, Andrés Merchan, Santiago Patrouilleau

Auxiliares

Calc. Cient. Graciela López Otegui; Miriam Levy

Contraparte técnica provincial

Responsable Área Cambio Climático OPDS: Ing. Agr. Mónica Casanovas

Contraparte técnica CFI

Lic. Carlos Bas



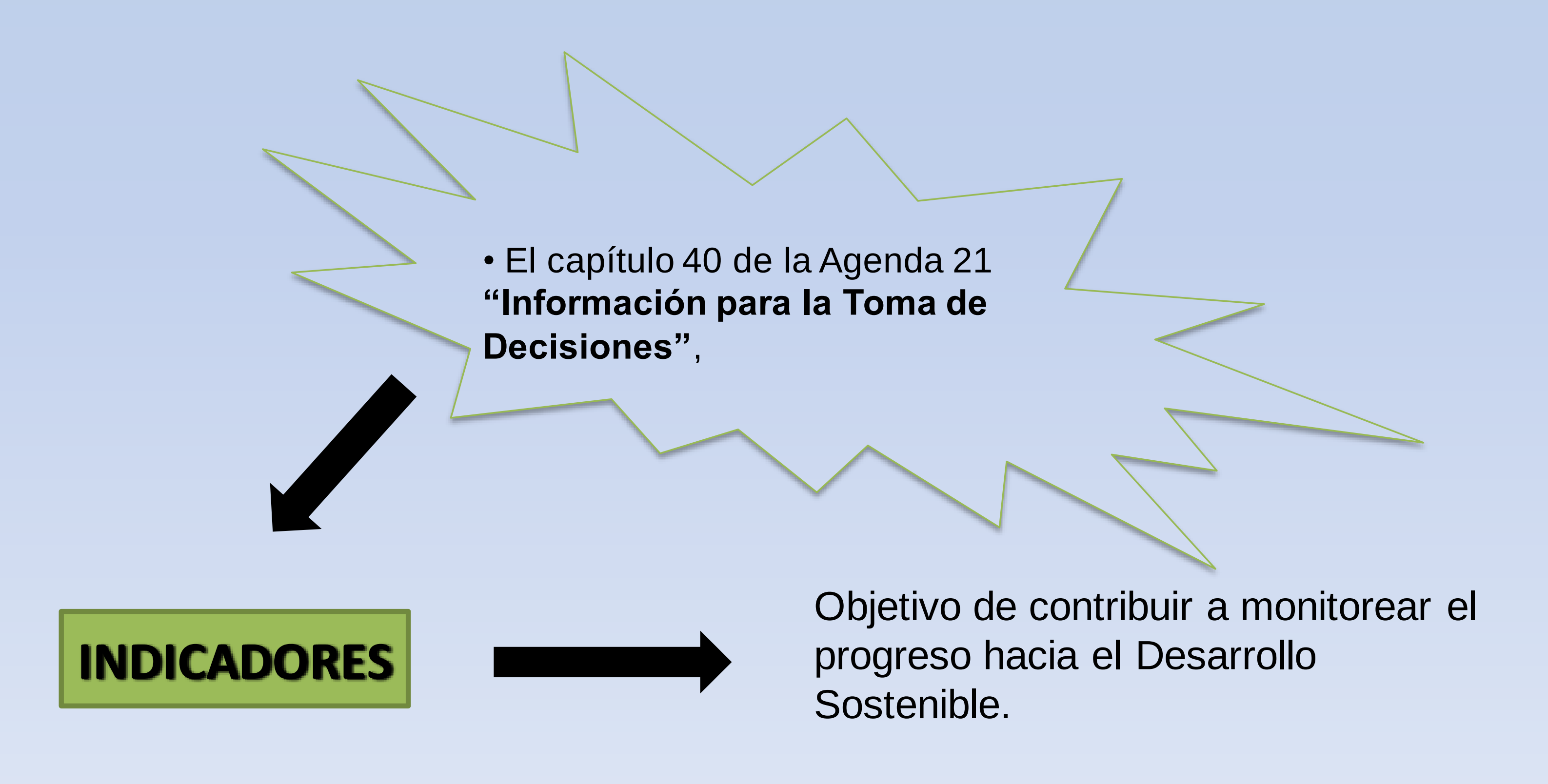
JUILO 2013



HUELLA HÍDRICA DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

OBJETIVO

Calcular la Huella Hídrica (Verde) para los productos agrícolas exportables de mayor relevancia de la provincia de Buenos Aires.



CONCEPTO DE HUELLA HÍDRICA

- **Es un indicador de uso de agua dulce**. Se considera tanto el **uso de agua directo** de un consumidor o productor, como también en su **uso indirecto**.
- **La Huella Hídrica de un producto** es el **volumen de agua utilizada para producirlo**, medido a lo largo de la cadena de suministro.

La evaluación y cuantificación de la Huella Hídrica de un producto o servicio es una herramienta de análisis que contribuye a comprender el modo en que las actividades y productos se relacionan con la escasez de agua y su contaminación, los impactos asociados, y las posibles medidas conducentes al aseguramiento de que dichas actividades y productos contribuyan a un uso sostenible del agua dulce.

HUELLA HÍDRICA DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

TIPOS DE HUELLA HÍDRICA

- **La huella hídrica verde** se refiere al consumo de los recursos de agua verde (agua de lluvia caída sobre el suelo, que no provoque escorrentía ni percola hacia aguas subterráneas).
- **La huella hídrica azul** se refiere al consumo de los recursos de agua azul (agua superficial y subterránea) a lo largo de la cadena de suministro de un producto.
- **La huella hídrica gris** se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes más allá de las concentraciones naturales del lugar y la calidad del agua.

METODOLOGÍA

- Se utilizó la metodología de referencia propuesta en el *"Water Footprint Manual"* (Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya and Mesfin M. Mekonnen; 2002 y actualizaciones).

4 fases

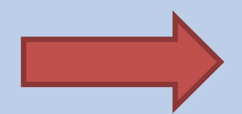
- **Establecer los objetivos y sus alcances**
- **Contabilizar la Huella Hídrica**
- **Evaluar la sostenibilidad**
- **Formular la respuesta**

Síntesis conceptual de la modelación

Modelos	Resultados por ZAH para las condiciones tipo (H-N-S) y óptimas.
Software Cropwat	Estimación del consumo de agua promedio en m3/tn para las condiciones húmedo, normal y seco, por tipo de suelo.
Software Aquacrop	Estudios de casos con información de primera mano en base a los ensayos de AACREA.

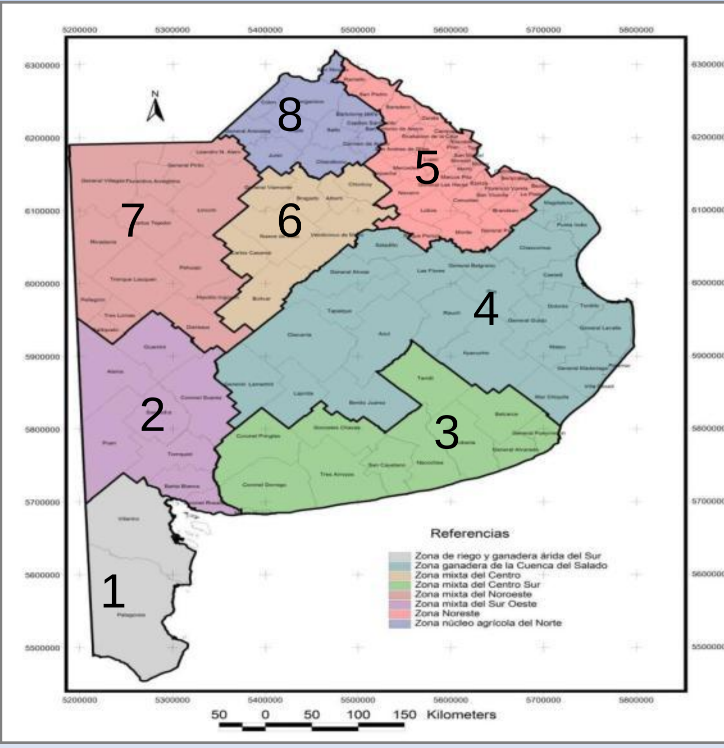
METODOLOGÍA

Regiones Homogéneas de la Provincia de Buenos Aires



- Período seco
- Período normal
- Período húmedo

“Zonificación Agroeconómica y Sistemas Productivos Predominantes” (2006)



ZAH 1: Zona de Riego y Ganadera Árida

ZAH 2: Zona mixta del sur oeste

ZAH 3: Zona Mixta del Centro Sur

ZAH 4: Zona ganadera de la Cuenca del Salado

ZAH 5: Zona del Noreste

ZAH 6: Zona Mixta del Centro

ZAH 7: Zona Mixta del Noroeste

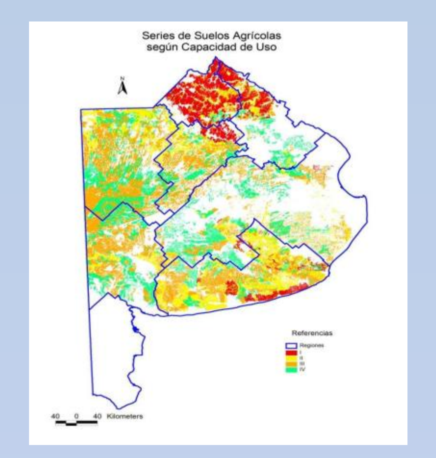
ZAH 8: Zona núcleo agrícola del norte

METODOLOGÍA

Datos Climáticos



Datos de suelos

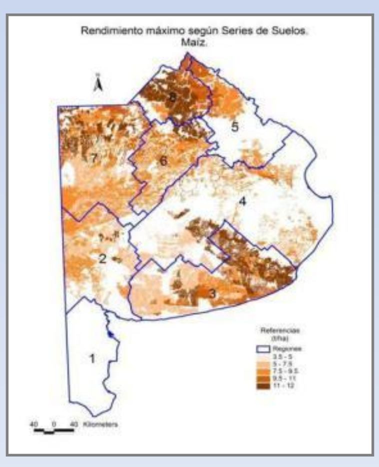


Datos de fenología de cultivos

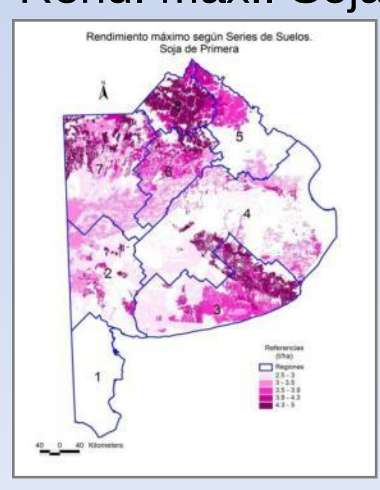
Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc final
Maíz	0,30	1,20	0,35
Girasol	0,35	1,15	0,35
Soja	0,40	1,15	0,5
Trigo	0,70	1,15	0,25

Información para el cálculo de la Huella Hídrica con el Cropwat 8.0

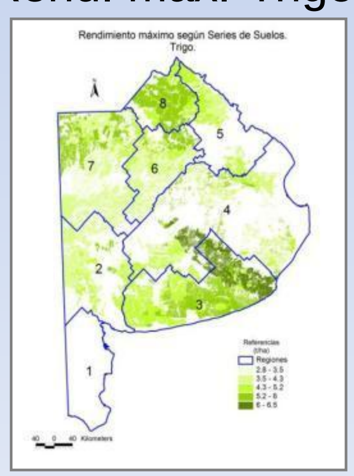
Rend. máx.. Maíz



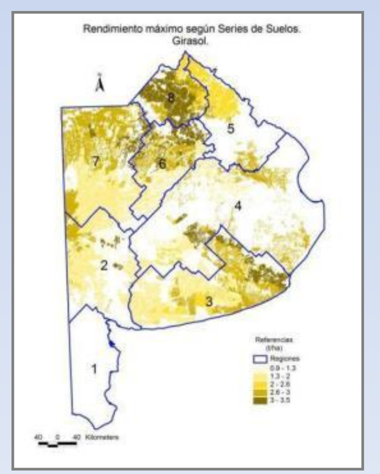
Rend. máx.. Soja



Rend. máx.-Trigo

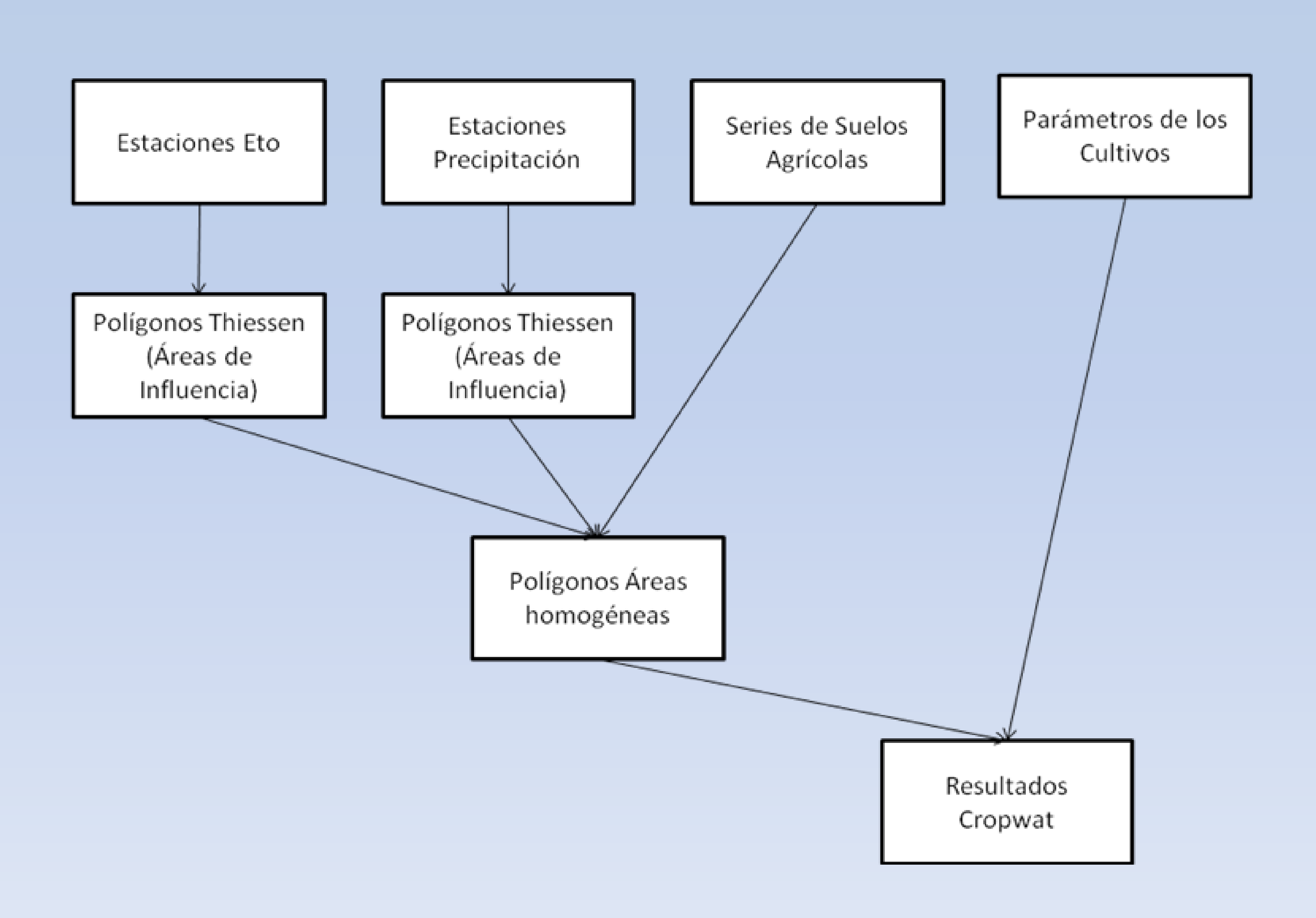


Rend. máx.. Girasol



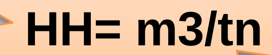
METODOLOGÍA

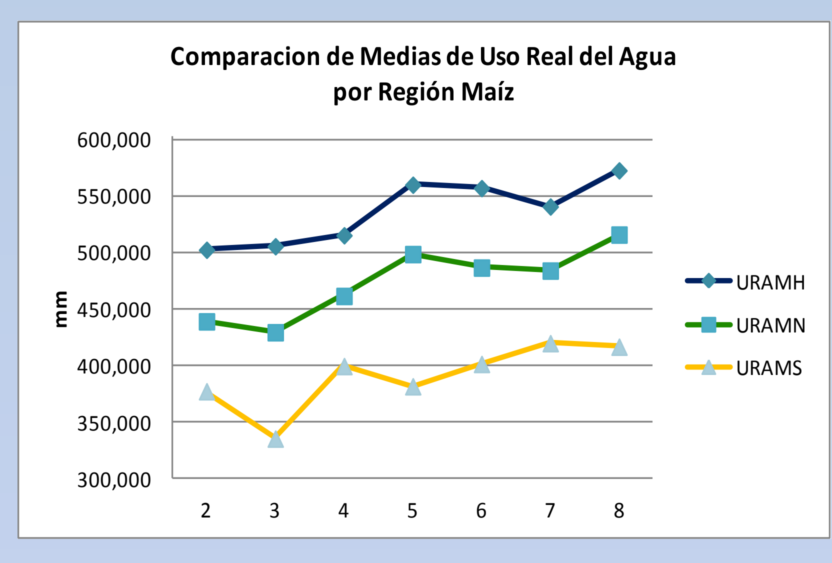
Generación en base GIS para disponer de los datos de entrada para la modelación



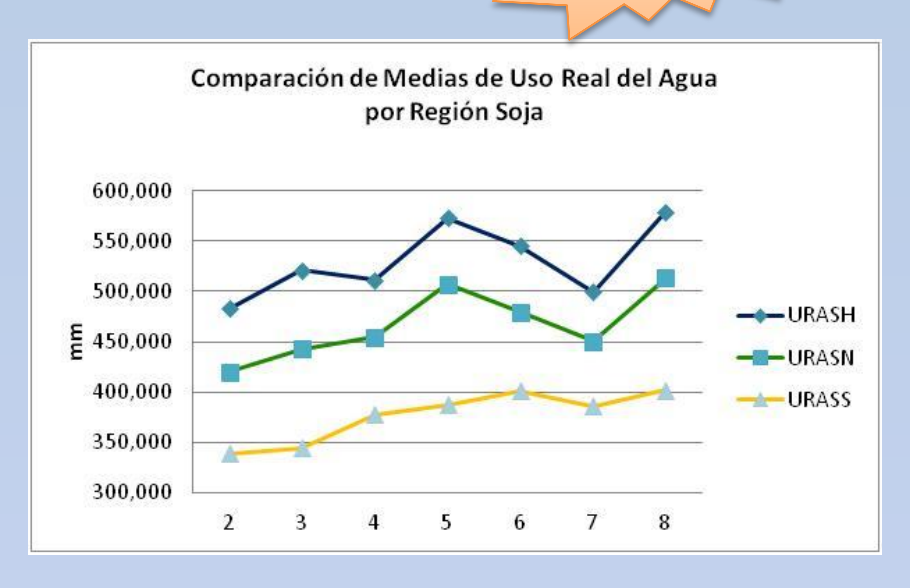
RESULTADOS CROPWAT

Uso Real del Agua por cultivo por Región

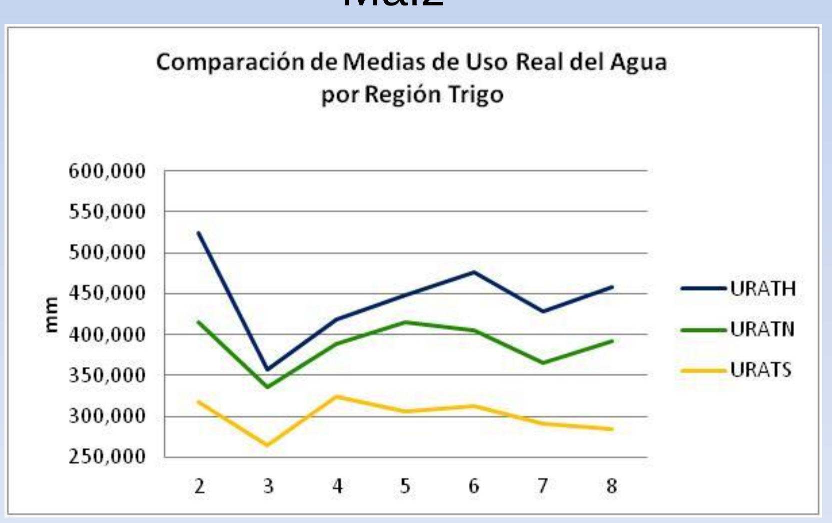




Maíz



Soja



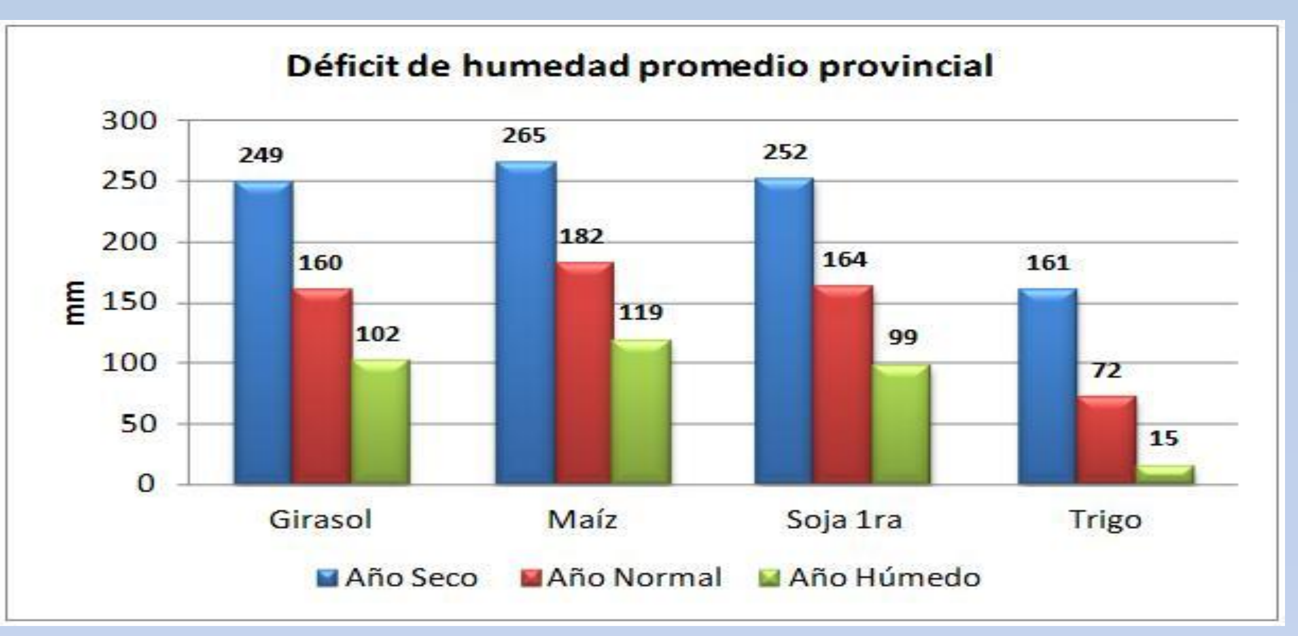
Trigo



Girasol

RESULTADOS CROPWAT

Déficit de Humedad por cultivo



Girasol

Maíz

Soja

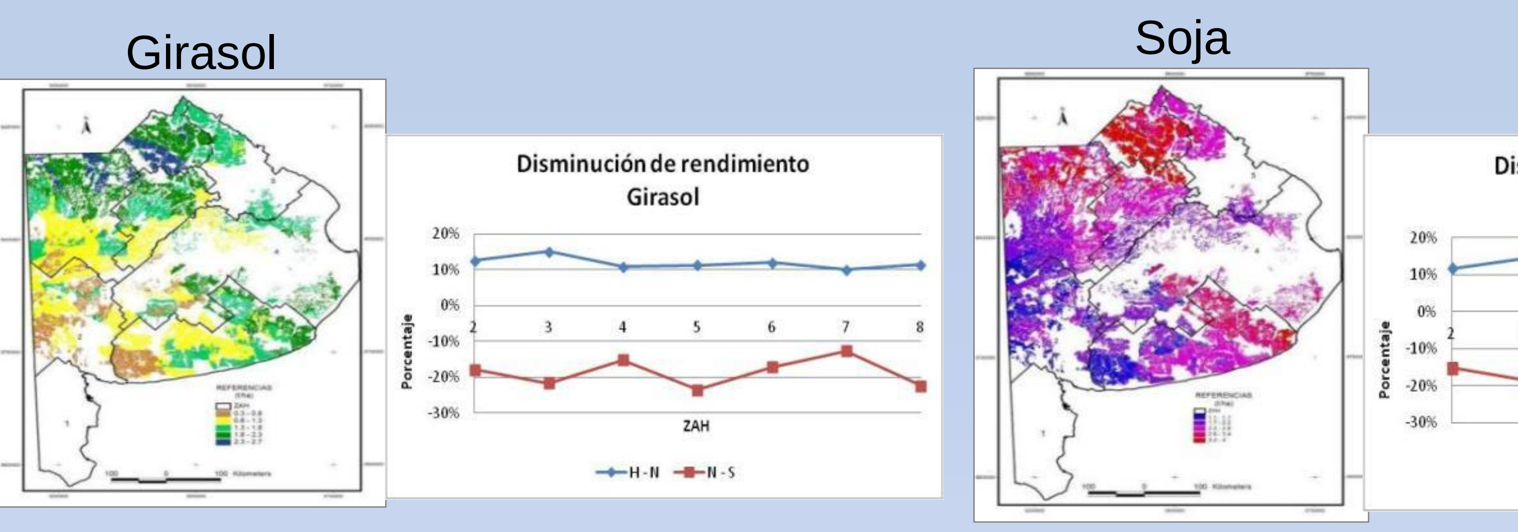
Trigo

RESULTADOS CROPWAT

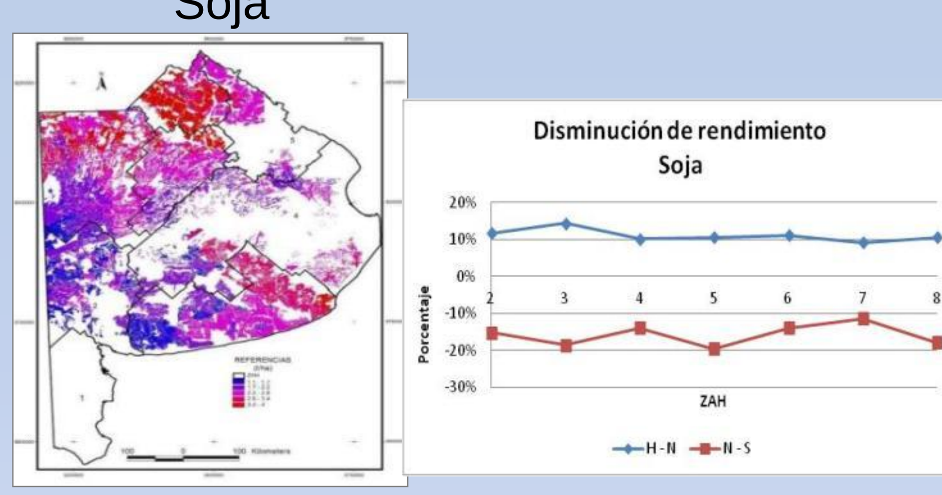
Disminución de rendimiento por cultivo por Región

$$\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)=K_y\left(1-\frac{ET_{c-aj}}{ET_c}\right)$$

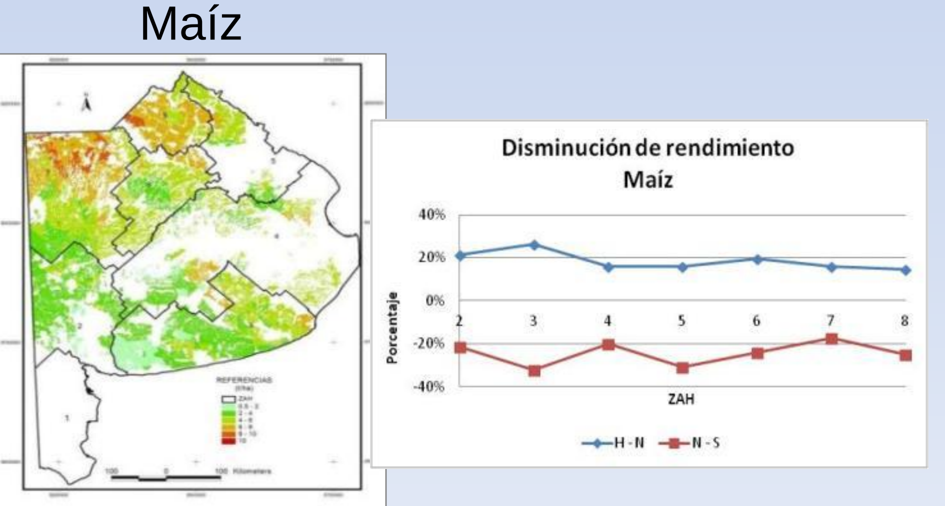
Girasol



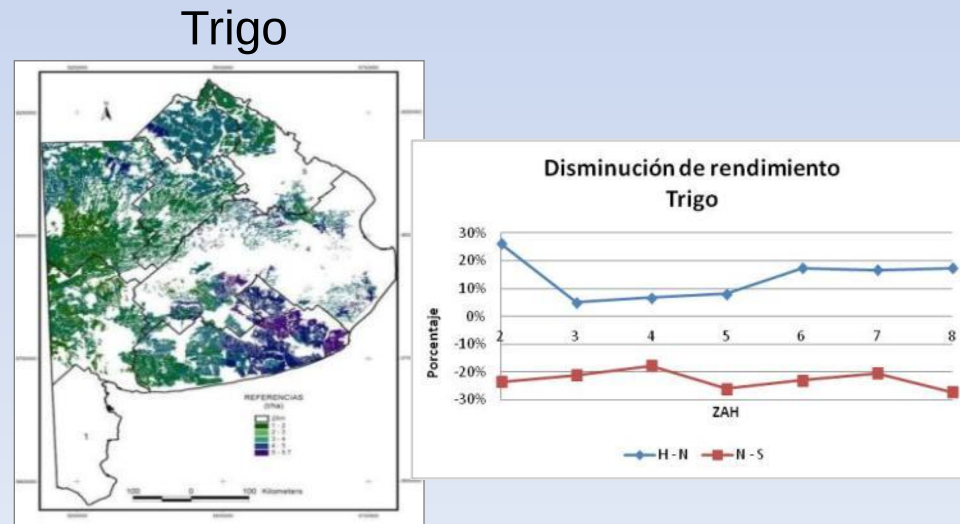
Soja



Maíz



Trigo



RESULTADOS CROPWAT

Huella Hídrica para Maíz por Región

Huella Hídrica Verde para el cultivo de Maíz (m^3/Tn)												
ZAH	Año Seco				Año Normal				Año Húmedo			
	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.
Zona 2	754	5.159	1.409	**1.394**	698	4.008	1.271	**1.265**	653	3.436	1.185	**1.185**
Zona 3	560	4.617	1.153	**1.175**	507	2.409	949	**980**	482	1.910	876	**910**
Zona 4	608	2.835	1.122	**1.110**	560	2.581	1.049	**1.040**	544	2.384	1.002	**994**
Zona 5	584	922	796	**794**	545	874	719	**717**	538	838	692	**690**
Zona 6	603	1.109	817	**849**	548	898	750	**778**	527	854	717	**740**
Zona 7	473	1.340	827	**812**	462	1.182	780	**769**	455	1.099	746	**739**
Zona 8	551	825	620	**621**	526	747	572	**575**	513	726	555	**558**

Comparación de Huella Hidrica Verde estimada con valor de WFN (m3/Tn)					
Maíz WFN	Maíz Min Calculado	Maíz Max Calculado	Prom. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. y P. (m^3/Tn)
1.063	462	4.008	907	875	771

38%

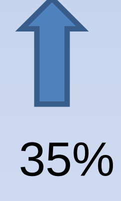
Correlations			
		7IP	1HHMN
7IP	Pearson Correlation	1	-,625**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	380	380
1HHMN	Pearson Correlation	-,625**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	380	380

RESULTADOS CROPWAT

Huella Hídrica para Soja por Región

Huella Hídrica Verde para el cultivo de Soja de Primera Ocupación (m^3/Tn)												
ZAH	Año Seco				Año Normal				Año Húmedo			
	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.
Zona 2	1.214	2.668	1.816	**1.852**	1.287	2.905	1.913	**1.953**	1.327	3.076	1.972	**2.012**
Zona 3	1.044	2.137	1.456	**1.492**	1.097	2.302	1.529	**1.576**	1.126	2.450	1.577	**1.624**
Zona 4	1.195	2.733	1.734	**1.741**	1.266	2.782	1.802	**1.808**	1.300	2.832	1.844	**1.851**
Zona 5	1.301	1.645	1.509	**1.504**	1.374	1.734	1.589	**1.584**	1.387	1.761	1.622	**1.619**
Zona 6	1.122	1.920	1.524	**1.545**	1.171	1.971	1.569	**1.568**	1.194	2.006	1.608	**1.638**
Zona 7	1.126	2.138	1.632	**1.644**	1.159	2.181	1.692	**1.695**	1.180	2.229	1.721	**1.722**
Zona 8	1.045	1.595	1.197	**1.193**	1.157	1.679	1.257	**1.254**	1.182	1.713	1.282	**1.278**

Comparación de Huella Hidrica Verde estimada con valor de WFN (m3/Tn)					
Soja WFN	Soja Min Calculado	Soja Max Calculado	Prom. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. y P. (m^3/Tn)
2.090	1.097	2.905	1.654	1.634	1.553



35%

Correlations

		7IP	2HHSN
7IP	Pearson Correlation	1	-,661**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	380	380
2HHSN	Pearson Correlation	-,661**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	380	380

RESULTADOS CROPWAT

Huella Hídrica para Trigo por Región

Huella Hídrica Verde para el cultivo de Trigo (m^3/Tn)												
ZAH	Año Seco				Año Normal				Año Húmedo			
	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.
Zona 2	930	2.540	1.494	**1.510**	932	2.541	1.497	**1.516**	931	2.540	1.497	**1.517**
Zona 3	470	1.000	658	**672**	470	1.001	658	**672**	470	1.001	658	**672**
Zona 4	619	1.664	947	**955**	620	1.664	940	**938**	620	1.665	940	**938**
Zona 5	911	1.092	1.019	**1.021**	912	1.092	1.019	**1.021**	911	1.093	1.019	**1.021**
Zona 6	765	1.278	1.058	**1.099**	765	1.278	1.058	**1.100**	765	1.278	1.058	**1.100**
Zona 7	702	1.640	1.126	**1.132**	702	1.639	1.139	**1.133**	703	1.639	1.137	**1.132**
Zona 8	759	1.084	822	**828**	758	1.083	831	**828**	758	1.083	831	**828**

Comparación de Huella Hidrica Verde estimada con valor de WFN (m3/Tn)					
Trigo WFN	Trigo Min Calculado	Trigo Max Calculado	Prom. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. y P. (m^3/Tn)
1.595	470	2.541	1.021	1.030	919

73%

Correlations			
		7IP	3HHTN
7IP	Pearson Correlation	1	-,449**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	380	380
3HHTN	Pearson Correlation	-,449**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	380	380

RESULTADOS CROPWAT

Huella Hídrica para Girasol por Región

Huella Hídrica Verde para el cultivo de Girasol (m^3/Tn)												
ZAH	Año Seco				Año Normal				Año Húmedo			
	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.	Mín.	Máx.	Prom. Simple	Prom. P. S.
Zona 2	1.657	8.162	3.413	**3.531**	1.690	8.387	3.432	**3.570**	1.707	8.566	3.510	**3.630**
Zona 3	1.478	4.264	2.514	**2.622**	1.511	4.440	2.567	**2.677**	1.523	4.519	2.593	**2.703**
Zona 4	1.661	7.414	2.869	**2.863**	1.700	7.461	2.934	**2.916**	1.712	7.513	2.957	**2.939**
Zona 5	2.019	2.787	2.424	**2.431**	2.059	2.847	2.473	**2.479**	2.080	2.858	2.489	**2.496**
Zona 6	1.673	3.232	2.304	**2.355**	1.689	3.281	2.338	**2.390**	1.702	3.307	2.356	**2.409**
Zona 7	1.646	4.302	2.762	**2.780**	1.692	4.334	2.792	**2.809**	1.695	4.367	2.813	**2.828**
Zona 8	1.644	2.713	1.864	**1.850**	1.675	2.767	1.898	**1.883**	1.687	2.786	1.910	**1.894**

Comparación de Huella Hídrica Verde estimada con valor de WFN (m3/Tn)					
Girasol WFN	Girasol Min Calculado	Girasol Max Calculado	Prom. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. (m^3/Tn)	Prom. P. S. y P. (m^3/Tn)
2.784	1.511	8.387	2.714	2.675	2.870



- 3%

Correlations			
		7IP	4HHGN
7IP	Pearson Correlation	1	-,703**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	380	380
4HHGN	Pearson Correlation	-,703**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	380	380

RESULTADOS AQUACROP

Aqua Crop - Huella Hídrica comparación

Comparación de rendimientos medios				
	Girasol	Maíz	Soja	Trigo
Modelado AC vs Registrado AACREA	3%	15%	-7%	-16%
Modelado CW Humedo vs Registrado AACREA	-17%	3%	6%	-5%

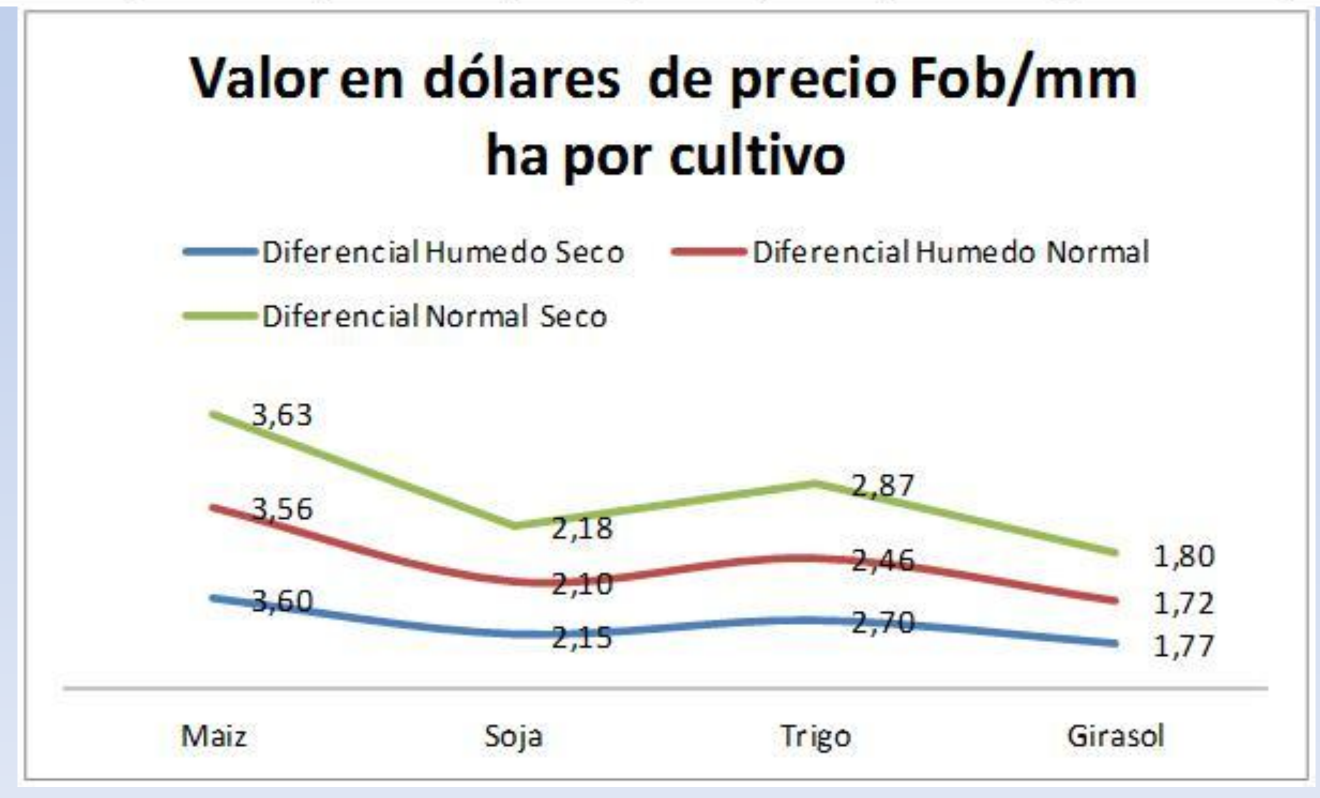
- Dentro del rango de CW
- Debajo del rango de CW
- Encima del rango de CW

ID	CULTIVO	HH CON AQUACROP					
		HH m3/tn Nivel de estrés medio	HH m3/tn Nivel de estrés moderado	HH m3/tn Nivel de estrés near	Rend Kg/ha	HH m3/ton	Uso Real mm/ha
1	Girasol	1.724	1.563	1.176	2.163	1.724	373
2	Girasol	1.667	1.724	1.493	2.165	1.724	373
3	Girasol	1.754	1.786	1.429	2.166	1.786	387
4	Girasol	1.493	1.515	1.205	2.222	1.515	337
5	Maíz	581	541	420	9.882	581	575
6	Maíz	505	467	402	7.263	505	367
7	Maíz	641	610	529	7.193	641	461
8	Maíz	529	510	410	10.359	529	548
9	Soja	1.515	1.370	1.124	2.729	1.515	413
10	Soja	1.471	1.351	1.149	2.565	1.471	377
11	Soja	–	1.515	1.205	2.767	1.515	419
12	Trigo	971	847	680	5.874	680	400
13	Trigo	971	893	719	5.703	719	410
14	Trigo	971	847	690	5.970	690	412
15	Trigo	952	862	690	5.239	690	361
16	Trigo	1.235	1.053	833	3.811	1.053	401
17	Trigo	877	813	671	3.984	877	349
18	Trigo	935	806	680	3.810	935	356
19	Trigo	840	806	662	4.003	840	336
20	Trigo	1.316	1.163	893	5.347	893	477
21	Trigo	855	820	690	4.803	820	394
22	Trigo	855	820	685	4.803	820	394
23	Trigo	820	826	671	4.541	826	375

RESULTADOS ECONOMICOS

Estimación del valor por milímetro de agua adicional para las condiciones evaluadas.

		Diferencial de rendimiento			Uso Real del Agua			Estimación del impacto		
					H	N	S	H - S	H - N	H - S
Cultivos	U$S	D Rto H - S	D Rto H - N	D Rto N - S	mm	mm	mm	U$S/mm Ha	U$S/mm Ha	U$S/mm Ha
Maiz	203,17	2,52	1,11	1,42	533,3	470,2	390,8	3,60	3,56	3,63
Soja	411,48	0,77	0,33	0,44	521,9	458,2	374,6	2,15	2,10	2,18
Trigo	263,29	1,42	0,51	0,91	432,9	378,0	294,7	2,70	2,46	2,87
Girasol	448,66	0,55	0,22	0,33	503,8	446,4	364,4	1,77	1,72	1,80



RESULTADOS ECONOMICOS

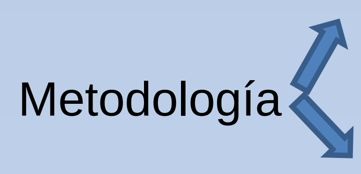
Estimación del valor económico total para las condiciones evaluadas.

Diferencial H-S						
Cultivos	**Kg/ha**	**Has**	**Produccion Tn**	**Precios**	**U$S**	**%**
Maiz	2.523	900.536	2.271.806	203	461.562.743	35,4%
Soja	768	4.943.945	3.796.060	411	1.562.002.753	23,7%
Trigo	1.419	2.459.206	3.489.363	263	918.714.393	30,9%
Girasol	550	1.042.134	573.006	449	257.084.981	26,6%
Total					**3.199.364.870**	

Diferencial H-N						
Cultivos	**Kg/ha**	**Has**	**Produccion Tn**	**Precios**	**U$S**	**%**
Maiz	1.106	900.536	995.556	203	202.267.158	15,5%
Soja	325	4.943.945	1.607.255	411	661.353.443	10,0%
Trigo	512	2.459.206	1.259.746	263	331.678.554	11,2%
Girasol	220	1.042.134	229.737	449	103.073.646	10,7%
Total					**1.298.372.801**	

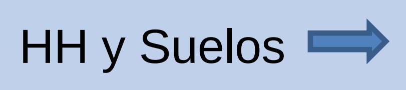
Diferencial N-S						
Cultivos	**Kg/ha**	**Has**	**Produccion Tn**	**Precios**	**U$S**	**%**
Maiz	1.417	900.536	1.276.249	203	259.295.585	23,5%
Soja	443	4.943.945	2.188.805	411	900.649.310	15,2%
Trigo	907	2.459.206	2.229.617	263	587.035.839	22,2%
Girasol	329	1.042.134	343.270	449	154.011.335	17,8%
Total					**1.900.992.069**	

Consideraciones finales



Cropwat (Sencillo, información disponible, resultados satisfactorios)

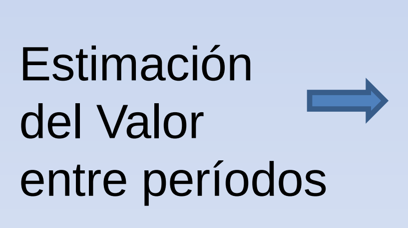
Aquacrop (Sofisticado, exigente información, versátil, calibración)



La correlación negativa existente entre la huella hídrica y la calidad de los suelos (a mayor calidad de suelo menor huella hídrica).



Se observa que para los cultivos de maíz, soja y trigo los valores calculados son menores a los publicados por la Water Footprint Network (WFN)



Situación hipotética calculada para los extremos climáticos (húmedo versus seco), donde la diferencia en promedio es de 140 mm aproximadamente de uso real del agua para todos los cultivos, el valor bruto total sacrificado por esa diferencia para todos los cultivos de la provincia de Buenos Aires asciende a 3.200 millones de dólares.

Se sugiere acompañar con información adicional al valor de la Huella Hídrica, no sólo aquella que permitan explicar las condiciones particulares bajo las cuales se calculó, sino también en relación a las implicancias que pudiera tener el resultado en función de los objetivos del cálculo, ya que suponer en forma absoluta que "una menor huella hídrica es mejor" es una simplificación que podría conducir a errores de interpretación.